

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Reactor for coating flat substrates

Patent number: DE19522574

Publication date: 1996-01-18

Inventor:

Applicant: AIXTRON GMBH (DE)

Classification:

- international: C23C16/54; C23C16/44; H01L21/68

- european:

Application number: DE19951022574 19950626

Priority number(s): DE19951022574 19950626; DE19944422202 19940624

Abstract of DE19522574

The reactor for coating flat substrates consists of a vessel (1) supplied with reaction gases, and a substrate holding unit (3) orienting a substrate (2) so that its main surface during the deposition process is directed downwards and substantially parallel to the reaction gas flow. The substrate holding unit contains at least two places for substrates and is (are, if there are more than one holding unit) shaped as templates with openings for substrate surfaces to be coated. Process for coating flat substrates is also claimed.



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 195 22 574 A 1

⑯ Int. Cl. 5:
C 23 C 16/54
C 23 C 16/44
H 01 L 21/68

DE 195 22 574 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 22 574.0
⑯ Anmeldetag: 26. 6. 95
⑯ Offenlegungstag: 18. 1. 96

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯
24.08.94 DE 44 22 202.5

⑯ Anmelder:
Aixtron GmbH, 52072 Aachen, DE

⑯ Vertreter:
Anwaltskanzlei München, Rösler, Steinmann, 80689
München

⑯ Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

⑯ Reaktor zur Beschichtung von flächigen Substraten und Verfahren zur Herstellung derartiger Substrate
⑯ Beschrieben wird ein Reaktor zur Beschichtung von flächigen Substraten und insbesondere von Wafers, mit
- einem Reaktionsgefäß, in das Reaktionsgase einleitbar sind, und
- einer Substrathaltereinheit, in der Substrate in einem Halter derart gehalten sind, daß die zu beschichtende Hauptoberfläche der Substrate während des Depositionsvorgangs nach unten orientiert und im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung der Reaktionsgase ausgerichtet ist.
Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß auf der Substrathaltereinheit wenigstens zwei Plätze für Substrate vorgesehen sind, und daß der oder die Halter in Art einer Schablone ausgebildet sind, die Öffnungen für die zu beschichtenden Oberflächen der Substrate aufweist.

DE 195 22 574 A 1

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf einen Reaktor zur Beschichtung von flächigen Substraten gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie auf Verfahren zur Herstellung von flächigen Substraten unter Verwendung gattungsgemäßer Reaktoren.

Stand der Technik

Reaktoren zur Beschichtung von Substraten unter Verwendung von CVD-Prozessen und insbesondere MOCVD-Prozessen sowie Plasmabeschichtungsprozessen erfordern eine Reaktionsgas-Strömung durch das sogenannte Reaktor- bzw. Reaktionsgefäß, in dem das bzw. die zu beschichtenden Substrate angeordnet sind. Um eine hervorragende Beschichtung der Oberfläche der Substrate zu erreichen, ist es erforderlich, den Reaktionsgasstrom möglichst gleichmäßig, d. h. in laminarer Strömung, derart nahe an der Substratoberfläche vorzuleiten, daß eine möglichst homogene Schichtenbildung auf dem Substrat erfolgt.

Bei der Herstellung "üblicher" Schichten sind jedoch während des Beschichtungsverfahrens hohe Temperaturen erforderlich, die u. a. zu Wärmekonvektionseffekten innerhalb des Gasstromes und damit zu einer Störung der laminaren Strömung führen. Zwar ist es möglich durch eine erhöhte Reaktionsgasstromgeschwindigkeit die Laminarität und damit die Parallelität des Reaktionsgasstromes relativ zur Beschichtungsfläche zu steigern, doch können gleichwohl auch transversale Strömungskomponenten innerhalb des Reaktionsgefäßes bedingt durch Konvektion, aber auch durch konstruktive Hindernisse, die dem Reaktionsgasstrom im Wege stehen, auftreten. Derartige transversale Strömungskomponenten führen innerhalb des Reaktionsgefäßes zu lokalen Wirbelbildungen (Vortex), die den Beschichtungsprozeß negativ beeinflussen.

Durch die auftretenden turbulenten Strömungsbereiche läßt sich auch erklären, daß die Schichtenbildung auf dem vorzugsweise flächig aus gestalteten Substrat nicht gleichmäßig erfolgt, sondern daß Stellen mit höherer Schichtablagerung und Stellen mit niedrigerer Schichtablagerung auftreten.

Ferner treten bei den bekannten Reaktorsystemen, bei denen die zu beschichtenden Substrate auf dem Boden des Reaktionsgefäßes angeordnet sind, Oberflächeneffekte auf, die von Kondensatabscheidungen herführen, die sich während des Beschichtungsprozesses an den Reaktorwänden bilden und je nach Kondensatmenge von den oberen Reaktorwänden nach unten fallen und die Oberfläche des Substrates beschädigen.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Reaktor zur Beschichtung von flächigen Substraten und insbesondere von Wafern, bei dem ein hoher Durchsatz bei homogener Schichtbildung möglich ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Substrate anzugeben, das die Herstellung der verschiedensten Substrate erlaubt.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist mit ihren Weiterbildungen in den Patentansprüchen angegeben.

Erfundungsgemäß wird von einem Reaktor ausgegangen, wie er im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorausgesetzt ist, und wie er von der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. 5 vorgeschlagen worden ist.

Dieser von der Fraunhofer-Gesellschaft vorgeschlagene Reaktor, für dessen prinzipielle Ausbildung im Rahmen der vorliegenden Anmeldung kein Schutz beansprucht wird, weist ein Reaktor- bzw. Reaktionsgefäß auf, 10 in das Reaktionsgase sowie gegebenenfalls ein Trägergas einleitbar sind. In dem Reaktionsgefäß ist wenigstens ein Substrat derart angeordnet, daß eine Hauptoberfläche des Substrats im wesentlich parallel zur Strömungsrichtung der Reaktionsgase ausgerichtet ist.

Zur Erhöhung des Durchsatzes sind auf der Substratthaltereinheit wenigstens zwei Plätze für Substrate vorgesehen. Der oder die Halter sind in Art einer Schablone ausgebildet, die Öffnungen für die zu beschichtenden Oberflächen der Substrate aufweist.

Erfundungsgemäß wird ausgenutzt, daß konvektive Transversalströmungen innerhalb eines Reaktionsgefäßes während des Beschichtungsvorganges dadurch vermieden werden können, daß das zu beschichtende Substrat im Bereich oder an der oberen Gefäßkammer derart angebracht ist, so daß die zu beschichtende Hauptoberfläche nach unten orientiert ist.

Vortex-Bildungen innerhalb des Strömungskanals können auf diese Weise ausgeschlossen werden. Ebenso ist durch die erfundungsgemäße Substratorientierung die Beschädigungsgefahr durch auf die Substratoberfläche auftreffende Kondensatteilchen praktisch ausgeschlossen.

Erfundungsgemäß trägt die rotierbar gelagerte Trägerhalterung, die das Substrat faßt, dazu bei, daß die Reaktionsgasströmung, die unter Umständen innerhalb des laminaren Stromflusses Inhomogenitäten aufweist, möglichst gleichmäßig an der Substratoberfläche anliegt. Damit ist eine im Mittel homogene Schichtenbildung auf dem Substrat möglich.

Grundsätzlich ist der Reaktor derart ausgebildet, daß ein Reaktorgehäuse vorgesehen ist, innerhalb dem das Reaktor- bzw. Reaktionsgefäß enthalten ist, in dem der Beschichtungsvorgang stattfindet. Die Reaktionsgase durchströmen das Reaktionsgefäß innerhalb eines geschlossenen Kreislaufes und beschichten dabei die innerhalb des Reaktionsgefäßes eingebrachten und angebrachten Substratflächen. Das Reaktorgehäuse selbst ist wiederum mit einem Schleusengehäuse verbunden, das ein Kassettengehäuse aufweist, innerhalb dem die zu beschichtenden Substrate angeordnet sind, die bei Bedarf und aus Gründen eines vollautomatisierten Beschichtungsablaufes die Substrate speichern. Zur Speicherung der Substrate dient ein Kassettenlader, in dem die Substratflächen samt Träger abgelegt werden können.

Des Weiteren ist das Kassettengehäuse durch ein daran unmittelbar angebrachtes Schleusengehäuse befüllbar. Der Anschluß zwischen Schleusengehäuse und Kassettengehäuse sowie Kassettengehäuse und Reaktorgehäuse erfolgt über gasdicht verschließende Ventile, so daß für den Bediener der Anlage sichergestellt ist, daß dieser nicht in Kontakt mit den gasatmosphärischen Bedingungen innerhalb des Reaktionsgefäßes tritt.

Der vorstehend beschriebene Reaktor eignet sich zur Herstellung der verschiedensten Materialien: nicht nur III-IV-Schicht n, sondern auch II-VI-Halbleiterschichten, SiC, SiGe, Oxide, supraleitende Materialien etc. können hergestellt werden.

Dabei können die Prozeßdrücke unterhalb oder oberhalb von 100 mBar liegen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen bezüglich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 schematische Gegenüberstellung der Strömungsverhältnisse innerhalb eines Reaktorgefäßes und

Fig. 2 schematische Gesamtdarstellung der Reaktoranordnung samt Kassetten- und Schleusengehäuse.

Darstellung von Ausführungsbeispielen

In Fig. 1 geht aus der oberen Darstellung ein Querschnitt des Reaktorgefäßes 1 hervor, innerhalb dem sich ein Reaktionsgasstrom (siehe Strömungspfeile) befindet. Das zu beschichtende Substrat 2 ist innerhalb eines Trageringes 3 befestigt und ist mit seiner zu beschichtenden Hauptoberfläche nach oben orientiert. Durch Konvektionsprozesse bilden sich innerhalb des stromführenden Kanals Turbulenzwirbel 4 aus, die eine gleichmäßige Beschichtung des Substrates 2 verhindern.

Im Gegensatz zur oberen Darstellung der Fig. 1 ist aus der unteren Darstellung die Anordnung des zu beschichtenden Substrates innerhalb des Trageringes 3 derart angebracht, daß die zu beschichtende Schicht nach unten orientiert ist. Als Folge hiervon sind keine Wirbelbildungen zu beobachten; die laminare Strömung des Reaktionsgases wird in Folge von Konvektionsprozessen nicht gestört, so daß eine gleichmäßige Schichtablagerung erfolgen kann.

Erfindungsgemäß sind auf der Substrthaltereinheit wenigstens zwei Plätze für Substrate vorgesehen. Dabei ist der oder die Halter in Art einer Schablone ausgebildet sind, die Öffnungen für die zu beschichtenden Oberflächen der Substrate aufweist.

In Fig. 2 ist eine schematisierte Darstellung der vollständigen Reaktorkomponenten dargestellt, die grundsätzlich ein Reaktorgehäuse 5, ein Kassettengehäuse 6 und ein Schleusengehäuse 7 aufweisen. Das flächige Substrat 2, das selbst in einem Tragering 13 gefaßt ist, befindet sich, nachdem es für den Beginn eines Beschichtungsvorganges durch ein Schleusengehäuse 7 in das Kassettengehäuse 6 eingebracht ist, innerhalb eines Kassettenladers 8. Das Substrat 2 samt Tragering 13 wird durch ein Ventil 10, das das Reaktorgehäuse 5 mit dem Kassettengehäuse 6 verbindet, in das Reaktorgehäuse 5 verbracht, von wo es in das Reaktorgefäß 9 eingeschleust wird. Das Einschleusen des Substrates 2 samt Tragering 13 in das Reaktorgefäß 9 wird durch einen Gabelarm 12 realisiert, der in Eingriff mit dem Tragering 13 steht und den Tragering samt Substrat aus dem Kassettenlader 8 entnimmt und in einer Linearführung durch eine Ladeschleuse (10) innerhalb des Reaktorgehäuses 9 verbringt. Die Positionierung des Substrates 2 erfolgt derart unter eine Öffnung des Reaktorgefäßes 2, so daß ein Aufnahmearm 16 vertikal von unten an den Tragering 13 mittels drei Finger angreift und diesen samt Substrat 2 vertikal nach oben durch die Öffnung des Reaktorgefäßes verbringt (siehe vertikalen Translationspfeil). Der Aufnahmearm 15, der zugleich auch die Drehachse des Substrates definiert, drückt das

Substrat über den Tragering mit seiner oberen Fläche gegen eine im unteren Wandabschnitt vorgesehene, beheizbare Graphitplatte 14.

Die, vorzugsweise aus Quarz gefertigten drei Finger des vertikalen Aufnahmearms münden nach unten in einer gemeinsamen zentralen Achse 16, die zugleich Drehachse für das Substrat ist. Diese Achse ist gasdicht aber drehbar durch eine untere Quarzplatte 15 geführt, die in ihren Abmessungen etwas größer ausgestaltet ist als die untere Öffnung des Reaktorgefäßes 9, durch die das Substrat 2 in das Reaktorgefäß 9 eingeführt worden ist, und verschließt diese Öffnung gasdicht nach unten hin.

In der bevorzugten Ausführungsform gemäß Fig. 2 handelt es sich um einen horizontalen Rechteckrohrreaktor für 2", 3" und 4"-Substrate, welcher aus einem druck- und vakkumdichten Gehäuse aus geschmiedetem Aluminium mit angeflanschter Lademaschine aus gleichem Material besteht. Die angeflanschte Lademaschine entspricht dem bereits vorgestellten Kassettengehäuse, in dem die zu beschichtenden Substrate im Rahmen eines Kassettenladers gestapelt sind. Nach Beendigung der Beladung der Substrate innerhalb des Reaktorgefäßes beginnen die Substrate, die auf einem Tragering fixiert sind, zu rotieren, so daß in der beschriebenen Art und Weise eine gleichmäßige Schichtablagerung erfolgt. Nach Beendigung der Beschichtung wird in das Reaktorgefäß Wasserstoff mit freiwillbarem Druck eingeleitet, so daß der Reaktor, der immer noch auf ca. 400° temperiert ist, geöffnet werden kann und der Substratwechsel vorgenommen werden kann. Der Substratwechsel erfolgt bei Verwendung eines Kassettenladers in ca. 8 Minuten, wohingegen 15 Minuten benötigt werden, sofern die Substrate ohne Kassettenlader in das Reaktorgefäß verbracht werden. Durch Benutzung des Kassettenladers ist der Beschichtungsbetrieb voll automatisch möglich.

Darüberhinaus weist die Reaktoranordnung gemäß Fig. 2 Ventile 10 auf, die für einen gasdichten Anschluß der dargestellten Gehäuseteile sorgen. Das Kassettengehäuse 6 ist ferner über eine Ladetür 11 mit den Substraten schnell zu bestücken.

Mit dem erfindungsgemäßen Reaktor ist ein Reaktor angegeben, der für Forschung, Entwicklung und Produktion gleichermaßen geeignet ist. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, daß eine Beladevorrichtung, die den Tragering für das Substrat aufweist, zugleich Teil des Abdichtungssystems des Reaktorgefäßes ist, so daß das Auströten von Reaktionsgasen aus dem Inneren des Reaktors nach außen verhindert werden kann.

Mit der besonders vorteilhaft aus gestalteten Translationskinematik der Substratverfrachtung zwischen den einzelnen Prozeßstationen ist es erstmals gelungen den Beschichtungsablauf vollautomatisch durchführen zu können.

Patentansprüche

1. Reaktor zur Beschichtung von flächigen Substraten und insbesondere von Wafern, mit

- einem Reaktionsgefäß, in das Reaktionsgase einleitbar sind, und
- einer Substrthaltereinheit, in der Substrate in einem Halter derart gehalten sind, daß die zu beschichtende Hauptoberfläche der Substrate während des Depositionsvorganges nach unten orientiert und im wesentlichen par-

DE 195 22 574 A1

5

allel zur Strömungsrichtung der Reaktionsgase ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Substrathaltereinheit wenigstens zwei Plätze für Substrate vorgesehen sind, und daß der oder die Halter in Art einer Schablone ausgebildet sind, die Öffnungen für die zu beschichtenden Oberflächen der Substrate aufweist.

2. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für wenigstens zwei Substrate ein gemeinsamer Halter vorgesehen ist.

3. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Substrat ein eigener Halter vorgesehen ist.

4. Reaktor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Substrathaltereinheit(en) um eine Achse rotieren.

5. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des oder der Halter wenigstens annähernd bündig mit der Oberfläche der Substrate verläuft.

6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Halter gemeinsam mit den Substraten in den Reaktor einföhrbar und aus diesem wieder entnehmbar sind.

7. Reaktor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Beladevorrichtung vorgesehen ist, die den oder die Halter und die jeweils von ihnen getragenen Substrate in den Reaktor einföhrt und wieder entnimmt.

8. Reaktor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kassettenspeicher vorgesehen ist, aus dem die Beladevorrichtung die Halter zusammen mit den Substraten entnimmt, so daß ein vollautomatischer Schichtbetrieb möglich ist.

9. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor ein horizontaler Rechteckrohrreaktor ist.

10. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor ein druck- und vakuumdichtes Gehäuse aus geschmiedetem Aluminium aufweist.

11. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktorbaumaterialien Quarz und Molybdän und kein Graphit aufweisen.

12. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Halter Sensoren für eine in-situ-Überwachung des Beschichtungsprozesses aufweisen.

13. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lampen- und/oder ein RF-Heizsystem vorgesehen ist, das mehrere Heizelemente aufweist, die einzeln oder in Untergruppen zur Verbesserung der Temperaturhomogenität ansteuerbar sind.

14. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Halter die Substrate an eine beheizbaren Graphit- oder Molybdänplatte andrücken.

15. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufnahmegabel vorgesehen ist, die, am Tragering angreifend, das Substrat aus dem Kassettenspeicher entnimmt und in eine Position unterhalb einer Öffnung in dem Reaktorgefäß überführt.

16. Reaktor nach Anspruch 15, dadurch gekenn-

5

zeichnet, daß ein Aufnahmearm, der mehrere aus Quarz gefertigte Finger aufweist, am Tragering von unten angreift und diesen vertikal nach oben in das Reaktorgefäß an eine Stelle hebt.

17. Reaktor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnahmearm zugleich die Drehachse des Substrates während des Beschichtungsprozesses darstellt.

18. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor ein Multi-Purpose-Reaktor ist, der insbesondere auch zur Herstellung von II-VI-Schichten nach dem MOCVD-Verfahren dient.

19. Verfahren zur Herstellung von zu beschichteten Substraten unter Verwendung eines Reaktors, der

— ein Reaktionsgefäß, in das Reaktionsgase einleitbar sind, und

— eine Substrathaltereinheit aufweist, in der Substrate in einem Halter derart gehalten sind, daß die zu beschichtende Hauptoberfläche der Substrate während des Depositionsvorganges nach unten orientiert und im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung der Reaktionsgase ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Trägergas eingeleitet wird, und daß II-VI-Halbleiterschichten hergestellt werden.

20. Verfahren zur Herstellung von zu beschichteten Substraten unter Verwendung eines Reaktors, der

— ein Reaktionsgefäß, in das Reaktionsgase einleitbar sind,

— eine Substrathaltereinheit aufweist, in der Substrate in einem Halter derart gehalten sind, daß die zu beschichtende Hauptoberfläche der Substrate während des Depositionsvorganges nach unten orientiert und im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung der Reaktionsgase ausgerichtet ist, und

— wenigstens einen Aufnahmearm aufweist, der das oder die Substrate an die obere Wandfläche des Reaktorgefäßes andrückt, oder nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Substrate durch den oder die Aufnahmearme während des Beschichtungsvorganges gedreht werden.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß mit Prozeßdrücken ≥ 100 mbar gearbeitet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß mit Prozeßdrücken ≤ 100 mbar gearbeitet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1



